



中华人民共和国国家标准

GB/T 20441.1—2010/IEC 61094-1:2000
代替 GB/T 11670—1989

电声学 测量传声器 第1部分：实验室标准传声器规范

Electroacoustics—Measurement microphones—
Part 1: Specifications for laboratory standard microphones

(IEC 61094-1:2000, IDT)

2010-12-01 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 20441《电声学 测量传声器》分为7个部分：

- 第1部分：实验室标准传声器规范；
- 第2部分：采用互易技术对实验室标准传声器的声压校准的原级方法；
- 第3部分：采用互易技术对实验室标准传声器的自由场校准的原级方法；
- 第4部分：工作标准传声器规范；
- 第5部分：工作标准传声器比较法校准方法；
- 第6部分：测定频率响应的静电激励器；
- 第7部分：实验室标准传声器的自由场灵敏度和声压灵敏度之间的差值。

本部分为 GB/T 20441 的第1部分。

本部分等同采用 IEC 61094-1:2000《测量传声器 第1部分：实验室标准传声器规范》(英文版)。同时根据 GB/T 1.1—2000 的要求，本部分对 IEC 61094-1:2000 作了适当的编辑性修改：将 IEC 前言改为本国前言。

本部分代替 GB/T 11670—1989《声学 实验室标准电容传声器的特性与规范》。

本部分与 GB/T 11670—1989 主要不同点：

- a) 删去了 CB1aP 和 CB2aP 的尺寸系列。
- b) 实验室标准传声器用字母“LS”(即“实验室标准”的英文首字母)表示，而不再用“CB”。
- c) 增加了 LS2P 及其技术指标。

本部分由全国电声学标准化技术委员会(SAC/TC 23)提出并归口。

本部分主要起草单位：中国科学院声学研究所、衡阳衡仪电气有限公司、中国计量科学研究院、中国电子科技集团公司第三研究所。

本部分主要起草人：章汝威、李晓东、刘湘衡、陈剑林、翁泰来、路阳。

本部分所代替标准历次版本的发布情况为：

- GB/T 11670—1989。

电声学 测量传声器

第1部分:实验室标准传声器规范

1 范围

本部分规定了用作实验室标准的电容传声器的机械尺寸和电声特性,使得声压的量值得以实现,并可使声压测量达到最高的测量准确度。本规范确保用互易法作简单易行的原级校准。

本部分规定了按实验室标准电容传声器的机械尺寸和电声特性建立的分类体系,以便于规范校准方法,实现实验室间的比对,包括同一传声器在不同实验室的校准和一给定校准系统下的传声器的互换性。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 20441 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

IEC 60050(801):1994 国际电工词汇 801 章:声学和电声学
ASME B1.1:1989 统一的英制螺纹(UN 和 UNR 螺纹牙形)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

注:下划线表示复数。

3.1

电容传声器 condenser microphones

利用电容量变化工作的传声器。

注:电容传声器的工作是通过恒定电荷来实现的,这些恒定电荷从外部的极化电压获得,极化电压由具有适当高内阻的电源产生。

3.2

实验室标准传声器 laboratory standard microphone

可用原级校准方法,如密闭耦合腔互易法,校准到很高准确度的电容传声器。考虑随时间的稳定性和对环境条件的依赖性,其机械尺寸和电声特性要满足严格的要求。

3.3

开路电压 open-circuit voltage

传声器除了连接它的接地屏蔽结构(7.2 中有结构说明)外,没有其他电负载时,用插入电压技术测得的传声器电输出端的交流电压为开路电压。

单位:伏特,V。

注:电容传声器的电端电压与其负载有关,该负载由传声器到前置放大器之间的机械的和电气的装置产生。所以用来测量传声器开路电压的前置放大器应满足 7.2 的要求。

3.4

传声器声压灵敏度 pressure sensitivity of a microphone

对给定频率和给定环境条件的正弦声波,传声器开路电压与均匀作用于传声器的膜片上(即传声器

的声学端)声压的比值。它是个复数,当不计相位时,可用其模表示。

单位:伏每帕,V/Pa。

3.5

传声器的声压灵敏度级 pressure sensitivity level of a microphone

声压灵敏度的模与基准灵敏度之比的以 10 为底的对数乘以 20。

其表达式为:

$$M_p = 20 \lg \frac{|M_p|}{M_r}$$

式中:

M_p ——传声器声压灵敏度级,单位为分贝(dB);

$|M_p|$ ——传声器声压灵敏度的模,单位为伏每帕(V/Pa);

M_r ——传声器的基准灵敏度,1 V/Pa。

3.6

传声器自由场灵敏度 free-field sensitivity of a microphone

对给定频率和给定环境条件下的指定入射方向的正弦平面行波,传声器开路电压与在声场中引入传声器前存在于传声器声中心位置处的自由场声压的比值。它是个复数,当不计相位时,可用其模表示。

单位:伏每帕,V/Pa。

注 1:当频率足够低以至于声场受传声器的干扰可忽略时,自由场灵敏度接近于声压灵敏度(见 6.9 的实验限定条件)。

注 2:声中心的位置是频率的函数。

3.7

传声器自由场灵敏度级 free-field sensitivity level of a microphone

自由场灵敏度的模与基准灵敏度之比的以 10 为底的对数乘以 20。其表达式为:

$$M_f = 20 \lg \frac{|M_f|}{M_r}$$

式中:

M_f ——传声器声压灵敏度级,单位为分贝(dB);

$|M_f|$ ——传声器声压灵敏度的模,单位为伏每帕(V/Pa);

M_r ——传声器的基准灵敏度,1 V/Pa。

3.8

传声器扩散场灵敏度 diffuse-field sensitivity of a microphone

在扩散场中,对给定频率和给定环境条件下的正弦声波,传声器开路电压与在声场中引入传声器前存在于传声器声中心位置处的声压的比值。它是个复数,当不计相位时,可用其模来表示。

单位:伏每帕,V/Pa。

注 1:当频率足够低以至于声场受传声器的干扰可忽略时,扩散场灵敏度接近于声压灵敏度。

注 2:声中心位置是频率的函数。

3.9

传声器扩散场灵敏度级 diffuse-field sensitivity level of a microphone

扩散场灵敏度的模与基准灵敏度之比的以 10 为底的对数乘以 20。其表达式为:

$$M_d = 20 \lg \frac{|M_d|}{M_r}$$

式中:

M_d ——传声器扩散场灵敏度级,单位为分贝(dB);

$|M_d|$ ——传声器声压灵敏度级的模,单位为伏每帕(V/Pa);

M_r ——传声器的基准灵敏度,1 V/Pa。

3.10

传声器电阻抗 electrical impedance of a microphone

对于给定频率的正弦信号,当传声器与接地屏蔽结构(7.2中有结构说明)连接时,加在传声器电端的电压与其引起的通过该端的电流的复数比值。

单位:欧姆, Ω 。

注:传声器电阻抗是膜片声负载的函数。

3.11

传声器声阻抗 acoustic impedance of a microphone

对于给定频率的正弦信号,传声器电端负载为无穷大阻抗时,均匀作用在膜片上的声压与膜片体积速度的复数比值。

单位:帕秒每立方米, $\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ 。

3.12

传声器声压灵敏度级的静压系数 static pressure coefficient of microphone pressure sensitivity level

在给定频率下,传声器声压灵敏度级随静压变化产生的增量与静压增量的比值。

单位:分贝每帕,dB/Pa。

注:静压系数是频率的函数。

3.13

传声器声压灵敏度级的温度系数 temperature coefficient of microphone pressure sensitivity level

在给定频率下,传声器声压灵敏度级随温度变化产生的增量与温度增量的比值。

单位:分贝每开尔文,dB/K。

注:温度系数是频率的函数。

3.14

传声器声压灵敏度级的相对湿度系数 relative humidity coefficient of microphone pressure sensitivity level

对参考温度和静压,传声器声压灵敏度级随相对湿度变化产生的增量与相对湿度增量的比值。

单位:分贝每相对湿度百分比,dB/%。

3.15

传声器声压灵敏度级的稳定性系数 stability coefficient of microphone pressure sensitivity level

传声器存放在典型的实验室条件下,在规定时间内传声器声压灵敏度级的变化率。稳定性由以下两个量表示:

a) 长期稳定性系数(系统漂移):由回归曲线的斜率表示,这条回归曲线是由一年中不同时间测量得到的声压灵敏度级通过最小二乘法拟合得到。

单位:分贝每年,dB/year。

b) 短期稳定性系数(可逆变化):由10 d中不同时间测量得到的声压灵敏度级标准偏差表示。

单位:分贝,dB。

4 参考环境条件

参考环境条件是:

温度:23 ℃
静压:101.325 kPa
相对湿度:50%

5 实验室标准传声器分类

5.1 概述

给定声场中的声压一般与位置有关,理想情况是由无穷小尺寸和无穷大声阻抗的换能器在某一点上测量。但是,实际的传声器具有一定大小的尺寸和声阻抗,以及传声器的安装,都会使声压的实际测量偏离理想情况。

通过不同的理想声场中定义不同的传声器灵敏度来计及衍射效应,如声压灵敏度,自由场灵敏度和扩散场灵敏度。传声器一般是通过设计使得上述三种灵敏度中的一种在尽可能宽的频率范围内与频率基本无关。

5.2 类型标识

实验室标准传声器用便于记忆的标识来描述,它由字母 LS(英文“实验室”和“标准”的首字母)后接一位表示机械结构的数字,以及表示电声特性的第三个字母构成。第三个字母可以是 P 或 F,分别表示传声器的声压灵敏度或自由场灵敏度在尽可能宽的频率范围内近似地与频率无关。例如,标识为 LS2P,表示机械结构为 2 型,作为频率函数的声压灵敏度近似为常数的实验室标准传声器。

类型标识并不妨碍这些传声器在其他条件下使用,作适当校正后,均可在压力场,自由场或扩散场条件下使用。

注:本部分不包括具有近似恒定扩散场灵敏度传声器的规范。

6 实验室标准传声器特性

6.1 灵敏度

应用互易原理测定实验室标准传声器灵敏度(为频率的函数)的原级方法在本标准中的第 2 和第 3 部分给出。

传声器通常装有保护栅罩,以防止膜片的意外损伤。对实验室标准传声器进行校准或精确测量声压级时,应除去保护栅罩。

6.2 声阻抗

6.2.1 概述

传声器在驻波管或小封闭腔内测量声压时,通常要考虑传声器有限的声阻抗。在耦合腔进行互易校准时,传声器的声阻抗是总的声转移阻抗的主要部分。

声阻抗作为频率函数,应至少在表 3 第 2 项的频率范围内给出。

注:传声器的声阻抗可以通过具有相同谐振频率和低频阻抗的等效单自由度系统的集总参数表示。集总参数可以是声顺,声质量和声阻,也可以用低频时的等效体积、谐振频率和损失因数表示。谐振频率可以理解为在该频率下声阻抗的虚部为零。

6.2.2 传声器的等效体积

传声器的声阻抗通常用参考环境条件下相应的复数空气等效体积来表示。传声器的声阻抗和其等效体积本质上不依赖环境条件。

传声器的等效体积 V_e (单位:立方米)与声阻抗的关系如下式表示:

$$\underline{V_e} = \frac{\kappa_s \underline{p_{s,r}}}{j\omega \underline{Z_s}}$$

式中:

κ_r ——参考条件下的比热比,在空气中,其值为 1.40;

$p_{a,r}$ ——参考静压,单位为帕(Pa);

ω ——角频率,单位为弧度每秒(rad/s);

Z_a ——传声器声阻抗,单位为帕秒每立方米(Pa·s/m³)。

6.3 传声器动态范围上限

动态范围上限用传声器在劲度控制的低频频率范围内产生的总谐波失真为 1% 的声压级表示。

注:实际测定动态范围上限时,可能会受到传声器前置放大器特性的影响。

6.4 静压对传声器灵敏度的影响

传声器灵敏度与静压有关。静压会影响膜片后空腔内空气的声顺和声质量。

至少在表 3 第 2 项所示频率范围内,静压系数应作为频率函数给出,其适用的静压范围至少为 80 kPa 至 110 kPa。

6.5 温度对传声器灵敏度的影响

传声器灵敏度与温度有关。温度会影响膜片后空腔内的空气质量。

较大或较快的温度变化(温度冲击)可能会引起传声器灵敏度的永久性改变,这是由于传声器膜片的机械张力改变所致。

至少在表 3 第 2 项所示频率范围内,温度系数应作为频率函数给出,其适用的温度范围至少为 18 ℃~25 ℃。

6.6 湿度对传声器灵敏度的影响

传声器灵敏度与相对湿度有关。在温度为 23 ℃、静压为 101.325 kPa 和相对湿度范围至少为 25%~80% 的条件下,以相对湿度系数来表示。

6.7 绝缘电阻

传声器在温度为 23 ℃、相对湿度为 80%、静压范围在 80 kPa~110 kPa 的条件下暴露 24 h 后的最小电阻为绝缘电阻。

注:该要求适用于传声器的类型规格。执行校准时的环境条件适用于表 3 第 9 项在校准时的要求。

6.8 传声器灵敏度的稳定性

传声器即使存放在典型的气候条件下,其灵敏度在一段时间后也会有所变化。

长期稳定性系数应在参考环境条件下,频率为 200 Hz~1 kHz 范围内某个频率点上(最好取 500 Hz)测量。短期稳定性也应在同样条件下表述。

6.9 压力均衡泄漏

膜片后腔通常装有一细的均压管以保证膜片两侧的静压相等。而当频率非常低时,自由场灵敏度和扩散场灵敏度会明显低于声压灵敏度。压力均衡泄漏可用均压管和后腔构成系统的时间常数或下限频率来表示。下限频率定义为自由场灵敏度级比 250 Hz 时的声压灵敏度级低 3 dB 时所对应的频率。

7 规范

7.1 机械尺寸

传声器的机械结构和相应的尺寸及公差,分别见图 1 和表 1。

膜片的直径近似于前腔的直径 d_s ,制造者应予说明。

制造者应说明以传声器中心电接触部分上所能承受的最大压力,这个压力不会引起传声器实际电声性能的明显变化。

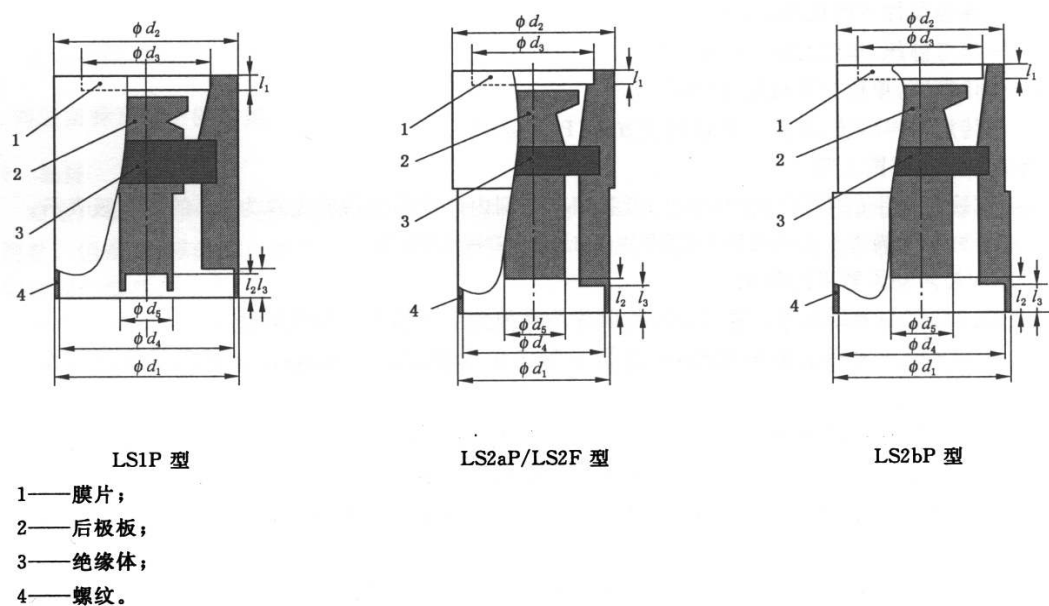


图 1 传声器的机械结构

表 1 图 1 所示实验室标准传声器的标称机械尺寸和公差 单位为毫米

尺寸标记	LS1P 型	LS2aP/LS2F 型	LS2bP 型
ϕd_1	23.77 ± 0.05	12.7 ± 0.03	12.7 ± 0.03
ϕd_2	23.77 ± 0.05	13.2 ± 0.03	12.15 ± 0.03
ϕd_3	18.60 ± 0.03	9.3 ± 0.03	9.80 ± 0.03
ϕd_4	23.11	11.70	11.70
ϕd_5	< 6.0	< 5.0	< 5.0
l_1	1.95 ± 0.1	0.50 ± 0.05	0.70 ± 0.03
l_2	3.3	3.6	3.2
l_3	> 2.5	> 2.0	> 2.0
螺纹 ϕd_4	60 UNS-2B	60 UNS-2B	60 UNS-2B

注 1: LS2aP 型和 LS2bP 型有相同的电声规范,但有机械上的细微差别(见表 3)。

注 2: 对于某些传声器来说,机械结构可能通过一个特殊的转接口来获得,这种情况下外部尺寸 d_2 的公差加倍。

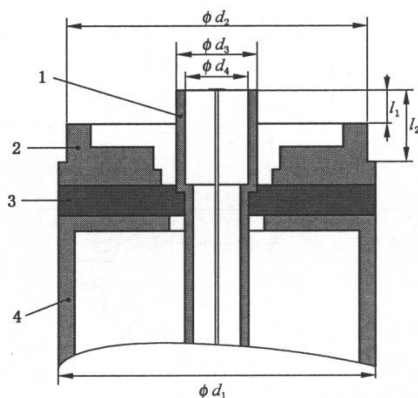
注 3: 螺纹使用的是非标准尺寸, d_4 是 2 级内螺纹尺寸的大径(见 ASME B1.1)。

注 4: 对于 LS1P 型,内螺纹通常用于前腔,并且给定的直径 d_3 是中径尺寸。当使用螺纹时,螺纹的特征应该根据指定的 60 UNS-2B(见 ASME B1.1),而 d_3 的公差可增加到 ± 0.1 mm。

注 5: 列出的 l_2 的值是推荐的标称值。目前一些传声器可能会与这些标称值有少许的偏差。

7.2 接地屏蔽参考结构

根据 3.3,开路电压测量时应该保证传声器的电接头固定在一个特殊的接地屏蔽结构上面,见图 2 所示,其相应的标称尺寸和公差列于表 2。



- 1——屏蔽；
- 2——传声器安装螺纹；
- 3——绝缘体；
- 4——外壳。

图 2 与传声器机械连接的接地屏蔽参考结构

表 2 图 2 所示接地屏蔽结构的标称机械尺寸和公差 单位为毫米

尺寸标记	LS1P 型	LS2P/LS2F 型
ϕd_1	23.77 ± 0.05	12.7 ± 0.05
ϕd_2	23.11	11.70
ϕd_3	11.0 ± 0.1	7.0 ± 0.07
ϕd_4	9.0 ± 0.1	6.5 ± 0.07
l_1	2.5	3.0
l_2	5.0 ± 0.15	5.0 ± 0.15
螺纹 ϕd_2	60 UNS-2A	60 UNS-2A

注：螺纹使用的是非标准尺寸， d_2 是 2 级外螺纹尺寸的大径(见 ASME B1.1)。

7.3 电声特性

表 3 列出了电声特性规范。传声器应与接地屏蔽结构(见 7.2)连接。极化电压是 200 V。制造者应按表 3 所列项目给出的所有特性的典型规范(第 12 项除外),同时,对表 3 中第 1 项和第 2 项,应随每个传声器分别给出实测数据。灵敏度级应以 0.01 dB 分辨率给出,同时说明测量不确定度。

LS1P 型传声器用于低频和中频,此时可以获得一个很高的校准准确度。此类传声器在 8 kHz 以上性能下降,因而不能应用在该频率以上频段。此外,由于在高频区有明显的指向性,在自由声场和扩散声场的测量过程中也会发生性能下降。

LS2P/LS2F 型传声器可以扩展频率到 20 kHz,但是其灵敏度低于 LS1P 型传声器。

表 3 实验室标准传声器的电声特性

	特性	注释	LS1P 型		LS2P 型	LS2F 型	单位
			新 ^a	旧 ^{ab}			
1	灵敏度级 (基准值:1 V/Pa)	200 Hz~500 Hz	-26 ± 2	-30 ± 5	-37 ± 3	-38 ± 2	dB
2	频率响应 ^c	在 2 dB 之内 ^d	10~8 000	10~7 000	10~20 000	10~20 000	Hz

表 3 (续)

	特性	注释	LS1P 型		LS2P 型	LS2F 型	单位
			新 ^a	旧 ^{ab}			
3	等效体积	200 Hz~500 Hz	150±30	95±55	10±5	9±3	mm ³
4	共振频率		>8	>7.5	>20	>20	kHz
5	动态范围上限 (基准值 20 μPa)	失真 1%	>130	>124	>145	>145	dB
6	静压系数	见 6.4	-0.02~ +0.02	-0.02~ +0.02	-0.025~ +0.025	-0.05~ +0.05	dB/kPa
7	温度系数	见 6.5	-0.02~ +0.02	-0.02~ +0.02	-0.02~ +0.02	-0.035~ +0.035	dB/K
8	相对湿度系数	见 6.6	<0.000 4	—	<0.000 4	<0.000 4	dB/%
9	绝缘电阻	最小直流电阻值, 见 6.7	>10 ¹³	>2×10 ¹⁰	>10 ¹³	>10 ¹³	Ω
10	均压时间常数 ^c		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	s
11	长期稳定系数	15 ℃~25 ℃ 250 Hz~1 kHz	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	dB/year
12	短期稳定系数 ^f	15 ℃~25 ℃ 250 Hz~1 kHz	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	dB
^a “新”和“旧”分别表示 LS1Pn 和 LS1Po。 ^b 此列是那些已经停产的传声器的参数。 ^c 根据类型名称,分别为声压或自由场灵敏度级的频率响应。 ^d 是所列频率范围内的最大和最小灵敏度级的差值。 ^e 如果不是用于特殊用途,时间常数不应该大于 1 s,否则达不到短期稳定系数的要求。 ^f 这些数据来源于总时间超过 10 d 内的至少 5 次测量结果,而且两次测量之间的时间间隔不小于 24 h。							

7.4 辨识标志

每个实验室标准传声器都应铭刻制造者规定的型号和各自的出厂编号。